




**Faster switching GaAs fet switches by illumination with high intensity light**

**Patent number:** DE69801177T  
**Publication date:** 2002-03-21  
**Inventor:** NICHOLSON DEAN B (US); EHLERS ERIC R (US)  
**Applicant:** AGILENT TECHNOLOGIES INC (US)  
**Classification:**  
- **International:** H01L31/167; H01L31/16; (IPC1-7): H03K17/693; H01P1/15  
- **European:** H01L31/167  
**Application number:** DE19986001177T 19980129  
**Priority number(s):** US19970829924 19970401

Also published as:

 EP0869611 (A1)  
 US5808322 (A1)  
 EP0869611 (B1)

Report a data error here

Abstract not available for DE69801177T  
Abstract of corresponding document: **EP0869611**

The present invention relates to GaAs FET switches for use in microwave test equipment. For many microwave applications, particularly GSM (Global System for Mobile Telecommunications) basestation testing, accurate, reliable switching of microwave signals is desirable. GaAs FET switches are widely used to switch microwave signals in many applications because of their small size and high reliability. However, GaAs FET switches have a significant drawback called the "slow tail" effect. This effect causes the final amplitude of the microwave signal to only be reached gradually after a 10 to 20 millisecond interval. The present invention integrates high intensity LEDs above GaAs IC switches to decrease the absolute magnitude of the slow tail effect, and to shorten its length for faster, more accurate switching.

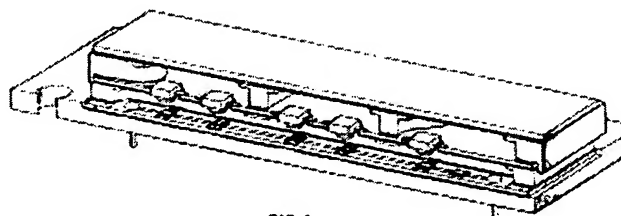


FIG. 4

---

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide



⑬ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ Übersetzung der  
europäischen Patentschrift

⑨ EP 0 869 611 B 1

⑩ DE 698 01 177 T 2

⑤ Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**H 03 K 17/693**  
H 01 P 1/15

- ② Deutsches Aktenzeichen: 698 01 177.5  
⑥ Europäisches Aktenzeichen: 98 101 556.3  
⑨ Europäischer Anmeldetag: 29. 1. 1998  
⑨ Erstveröffentlichung durch das EPA: 7. 10. 1998  
⑨ Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung beim EPA: 25. 7. 2001  
④ Veröffentlichungstag im Patentblatt: 21. 3. 2002

- ③ Unionspriorität:  
829924 01. 04. 1997 US
- ⑦ Patentinhaber:  
Agilent Technologies Inc., A Delaware Corp., Palo  
Alto, Calif., US
- ⑦ Vertreter:  
Schoppe, Zimmermann, Stöckeler & Zinkler, 81479  
München
- ⑧ Benannte Vertragsstaaten:  
DE, GB

- ⑦ Erfinder:  
Nicholson, Dean B., Windsor, US; Ehlers, Eric R.,  
Santa Rosa, US

⑤ GaAs FET Schalter mit erhöhter Schaltgeschwindigkeit durch Beleuchtung mit Licht hoher Intensität

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

DE 698 01 177 T 2

26.07.01

Europäisches Aktenzeichen: 98 101 556.3

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf Gallium-Arsenid-  
5 Feldeffekttransistor-Schalter (GaAs = Gallium-Arsenid, FET  
= Feldeffekttransistor) zur Verwendung beispielsweise bei  
einem Mikrowellentestgerät.

Ein Mikrowellentestgerät hat traditionell mechanisch ge-  
10 schaltete Stufendämpfungsglieder verwendet, um den Aus-  
gangspegel von Quellen und Netzwerkanalysatoren einzustel-  
len. Diese Schalter hatten einen sehr geringen Verlust, a-  
ber sie hatten Nachteile in Form der Schaltgeschwindigkeit  
(in der Größenordnung von 30 ms), der Größe und der Zuver-  
15 lässigkeit. In dem Bestreben, ein kleineres, zuverlässige-  
res Stufendämpfungsglied zu erzeugen, sind GaAs-FET-IC-  
Schalter (IC = Integrated Circuit = integrierte Schaltung)  
verwendet worden, um Dämpfungsabschnitte an- und auszu-  
schalten, um ein Stufendämpfungsglied zu bilden.

20 Während die Vorteile einer geringeren Größe und einer grö-  
ßeren Zuverlässigkeit erlangt wurden, weisen GaAs-FET-  
basierende IC-Mikrowellenschalter noch immer den sogenann-  
ten "Langsam-Nachlauf-Effekt" ("slow tail effect") auf, der  
25 bewirkt, daß die Amplitude des geschalteten Mikrowellensig-  
nals nur allmählich nach einer Dauer von 15 bis 20 ms,  
nachdem der Schalter in den An-Zustand geschaltet wurde, zu  
ihrem Endwert kommt, wie es in Fig. 1 gezeigt ist. Die üb-  
licherweise für diesen Effekt gegebene Erklärung ist es,  
30 daß Fallen in dem GaAs, die durch die exponierte GaAs-  
Oberfläche in einer FET-Struktur bewirkt werden, eine Zeit-  
konstante in der Größenordnung von Millisekunden aufweisen.  
Die Anzahl und die Zeitkonstanten dieser Fallen sind extrem  
von der GaAs-Wafer-Prozessierung abhängig und können auf  
35 eine ziemlich unvorhersagbare Weise von weniger als 1 ms  
bis zu viel größeren Werten variieren, selbst zwischen Wa-  
fern, die mit dem gleichen Prozeß, aber zu verschiedenen  
Zeiten verarbeitet wurden.

Wenn der FET in den Aus-Zustand geschaltet wird, wird der Kanal unter dem FET-Gate elektronisch verarmt und jede Falle hat eine hohe Wahrscheinlichkeit, ein eingefangenes Elektron bei sich aufzuweisen. Wenn der FET angeschaltet wird, verschiebt sich das Fermi-Niveau und die durch die Fallen eingefangenen Elektronen werden freigegeben und treten gemeinsam mit den Elektronen, die von den Standard-Donor-Atomen angezogen werden, in den Kanal ein. Aufgrund der Tatsache, daß die Fallen ihre Elektronen mit einer Zeitkonstante in der Größenordnung von Millisekunden freigeben, erreicht jedoch der Elektronenbeitrag von den Fallen zu dem Kanal das Gleichgewicht nicht innerhalb von 10 bis 20 ms, nach dem Schalten. Somit sind die Leitfähigkeit des FET-Kanals und folglich die Dämpfung des Mikrowellensignals, das durch den FET-Kanal geht, innerhalb 10 bis 20 ms nach dem Schalten nicht stabil.

Die bei langsamen Nachläufen involvierten Fallen sind hauptsächlich dem Einfluß des Oberflächenbereichs um das Gate zuzuschreiben, wie es beispielsweise in R. Yeats et al., "Gate Slow Transients in GaAs MESFETS - Causes, Cures, and Impact on Circuits", 1988, IEDM Conference Proceedings, S. 842 - 845, beschrieben ist. Langsame Nachläufe können auf Bauelementebene minimiert werden, indem die Ausnehmung in dem GaAs für das Gate enger bzw. dichter ausgeführt wird und/oder indem nahe den Kanten des Gates eine mittlere bis hohe Dotierung verwendet wird. Leider sind diese beiden Techniken für die Fähigkeit des GaAs-FET, mit Leistung umzugehen, nachteilig. Da es wünschenswert ist, daß Mikrowellentestgerätquellen hohe Ausgangsleistungen aufweisen, ist es unerwünscht, die Leistungshandhabungsfähigkeiten der Schalter an dem Ausgang-Stufendämpfungsglied des Instruments zu vermindern.

Die US-A-5,347,239 offenbart ein Stufendämpfungsglied, das ein Dämpfungsnetzwerk mit zwei Eingängen und zwei Ausgängen umfaßt, wobei vier unterschiedliche Dämpfungspegel ausge-

28.07.01

wählt werden können, indem gerade ein Eingangsschalter und ein Ausgangsschalter verwendet werden. Der Eingangsschalter und der Ausgangsschalter werden durch GaAs-FET-Schaltbauelemente gebildet.

5

Die JP-A-63055978 bezieht sich auf ein Halbleiterbauelement, das einen GaAs-MESFET-Chip umfaßt, der zwei GaAs-MESFETs umfaßt, zu deren Oberflächen mittels eines lichtemittierenden Elements Licht emittiert wird.

10

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, ein verbessertes Stufendämpfungsglied zu schaffen, das GaAs-FET-Schalter verwendet und für ein schnelleres Schalten sorgt, während es einen Verlust an Leistung vermeidet.

15

Diese Aufgabe wird durch ein Stufendämpfungsgerät gemäß Anspruch 1 erfüllt.

20

Die vorliegende Erfindung liefert ein verbessertes Stufendämpfungsgerät, das eine GaAs-FET-IC-Schaltanordnung aufweist, die eine Mehrzahl von GaAs-FET-IC-Schaltern, die normalerweise im Betrieb einen Langsam-Nachlauf-Effekt zeigen würden, in Kombination mit einer Mehrzahl von Lichtquellen (LEDs; LED = light emitting diode = lichtemittierende Diode) umfaßt, die innerhalb des Stufendämpfungsgeräts angeordnet sind, wobei jede der Lichtquellen zu einem jeweiligen GaAs-Schalter der GaAs-Schalter korrespondiert und ein ausreichendes Licht aufweist.

25

Wie nachfolgend im Detail beschrieben wird, werden durch eine Eliminierung oder Minimierung der Wirkungen von Fallen auf die Leistung der GaAs-FET-IC-Schalter die Vorteile der Zuverlässigkeit und der Kompaktheit erhalten, während der Nachteil des langsamen Übergangs bzw. Einschwingens auf die Ausgangsamplitude eliminiert wird.

35

Es ist ein gut bekanntes Phänomen, daß ein Einstrahlen eines Lichts auf GaAs-FETs ihre langsamen Nachläufe beein-

- beeinflusst. Tatsächlich werden einige Tests an GaAs-ICs in abgedunkelten Kammern durchgeführt, damit sie eine genaue Entsprechung mit der Leistung der IC in ihrer endgültigen verschlossenen dunklen Verpackung ergeben. Es wurde ent-
- 5 deckt, daß es beim Bestrahlen der GaAs-FET-IC-Schalter, die bei den Stufendämpfungsgliedern für eine Mikrowellenquelle verwendet werden, mit einem sehr hellen Licht eine sehr markante und wiederholbare Reduktion des Langsam-Nachlauf-Effekts für diese Schalter existiert. Der Grad der Redukti-
- 10 on des langsamen Nachlaufs bei dem Ausgang der GaAs-FET-IC-Schalter ist proportional zu der Stärke des Lichts, das diese Schalter beleuchtet, und ein helles Licht ist erforderlich, um gute Resultate zu ergeben.
- 15 Ein Integrieren eines Hochleistungsglühlichts in eine Mikrowellenpackung ist nicht durchführbar und es wäre schwierig und aufwendig, zu versuchen, Lichtleiter von einer Hochleistungslichtquelle zu den GaAs-IC-Chips zu betreiben. Mit dem jüngeren Erscheinen von extrem hellen und effizienten LEDs (genannt super-bright LEDs = superhelle LEDs), die
- 20 auf AlInGaP und AlGaAs basieren, kann eine Lichtquelle bereitgestellt werden, die klein genug ist, damit oben auf einer Mikrowellenpackung eine Lichtquelle integriert wird, welche hell genug ist, um den Langsam-Nachlauf-Effekt bei
- 25 GaAs stark zu reduzieren.

Andere Aufgaben, Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden aus der folgenden detaillierten Beschreibung offensichtlich, wenn diese in Verbindung mit den beiliegenden Zeichnungen genommen wird.

30

Die beiliegenden Zeichnungen, die in dieser Spezifikation enthalten sind und einen Teil derselben bilden, stellen Ausführungsbeispiele der Erfindung dar und dienen, zusammen

35 mit der folgenden detaillierten Beschreibung, zur Erklärung der Prinzipien der Erfindung:

25.07.01

- Fig. 1 zeigt den Langsam-Nachlauf-Effekt von GaAs-FET-IC-Schaltern;
- 5 Fig. 2 zeigt eine zusammengesetzte 130-dB-GaAs-FET-IC-Stufendämpfungsgliedpackung mit LEDs gemäß der vorliegenden Erfindung;
- 10 Fig. 3A zeigt eine Explosionsansicht des GaAs-FET-IC-Stufendämpfungsgliedes aus Fig. 2 gemäß der vorliegenden Erfindung;
- 15 Fig. 3B zeigt eine perspektivische Ansicht einer gedruckten Schaltungsplatine, die einen Abschnitt aus Fig. 3A bildet;
- Fig. 4 zeigt eine Schnittansicht des GaAs-FET-IC-Stufendämpfungsgliedes aus Fig. 2;
- 20 Fig. 5 zeigt eine Ansicht des Langsam-Nachlauf-Effekts des Stufendämpfungsgliedes aus Fig. 2, wobei die LEDs ausgeschaltet sind;
- 25 Fig. 6 zeigt eine Ansicht des Langsam-Nachlauf-Effekts des Stufendämpfungsgliedes aus Fig. 2, wobei die LEDs angeschaltet sind;
- Fig. 7 ist die gleiche Ansicht wie in Fig. 5, wobei die Zeitskala auf 100 ms vergrößert ist; und
- 30 Fig. 8A und 8B zeigen eine Ansicht des Langsam-Nachlauf-Effekts des Stufendämpfungsgliedes aus Fig. 2 mit angeschalteten LEDs, wobei das Stufendämpfungsglied in 120 ms seinen Endamplitudenwert innerhalb 0,018 dB
- 35 einstellt.

Es wird nun im Detail auf die bevorzugten Ausführungsbeispiele der Erfindung Bezug genommen, wobei Beispiele von diesen in den beiliegenden Zeichnungen dargestellt sind.

- 5 In Fig. 1 ist der Langsam-Nachlauf-Effekt von GaAs-FET-IC-Schaltern gezeigt. GaAs-FET-basierende IC-Mikrowellenschalter zeigen das, was oben als der "Langsam-Nachlauf-Effekt" bzw. „slow tail effect“ beschrieben wurde, der bewirkt, daß die Amplitude des geschalteten Mikrowellensignals nur all-
- 10 mählich nach einer Dauer von 15 bis 20 ms nach dem Anschalten des Schalters zu ihrem Endwert kommt, wie es in Fig. 1 gezeigt ist. Wie es ebenfalls oben beschrieben wurde, werden durch eine Eliminierung oder Minimierung der Effekte bzw. Wirkungen von Fallen auf die Leistung von GaAs-FET-IC-
- 15 Schaltern die Vorteile der Zuverlässigkeit und Kompaktheit erhalten, während der Nachteil des langsamen Übergangs auf die Ausgangsamplitude eliminiert wird. Es ist ein gut bekanntes Phänomen, daß das Bestrahlen von GaAs-FET-Schaltern mit Licht deren Langsam-Nachlauf beeinflußt. Tatsächlich
- 20 werden einige Tests an GaAs-FET-IC-Schaltern in abgedunkelten Kammern durchgeführt, damit sie eine genaue Übereinstimmung mit der Leistung des IC-Schalters in seiner endgültigen verschlossenen dunklen Packung ergeben.
- 25 Es wurde entdeckt, daß es beim Bestrahlen von GaAs-FET-IC-Schaltern, die bei dem Stufendämpfungsglied für eine Mikrowellenquelle verwendet werden, mit einem sehr hellen Licht eine sehr markante und wiederholbare Reduktion des Langsam-Nachlauf-Effekts für GaAs-FET-Schalter gibt. Der Grad der
- 30 Reduktion des Langsam-Nachlaufs bei dem Ausgang der GaAs-FET-IC-Schalter ist proportional zu der Stärke des Lichts, das die Schalter beleuchtet, und ein helles Licht ist erforderlich, um gute Resultate zu ergeben. Ein Hochleistungsglühlicht in eine Mikrowellenpackung zu integrieren,
- 35 ist gegenwärtig nicht durchführbar und es wäre schwierig und aufwendig, zu versuchen, Lichtleiter von einer Hochleistungslichtquelle zu den GaAs-IC-Schaltern zu betreiben. Mit dem jüngeren Auftreten von extrem hellen und effizien-



ten LEDs (genannt super-bright LEDs = superhelle LEDs), die auf AlInGaP und AlGaAs basieren, ist jetzt eine Lichtquelle verfügbar, die klein genug ist, um oben auf einer Mikrowellenpackung integriert zu werden, wobei eine Lichtquelle  
 5 hell genug ist, um den oben beschriebenen GaAs-Langsam-Nachlauf-Effekt stark zu reduzieren.

Fig. 2 zeigt eine zusammengesetzte 130-dB-GaAs-FET-IC-Stufendämpfungsgliedpackung 10 mit LEDs 15 gemäß der vor-  
 10 liegenden Erfindung, Fig. 3A zeigt eine Explosionsansicht des GaAs-FET-IC-Stufendämpfungsgliedes 10 aus Fig. 2 und Fig. 4 zeigt eine Schnittansicht des GaAs-FET-IC-Stufendämpfungsgliedes 10 aus Fig. 2.

15 In Fig. 3A weist das 130-dB-GaAs-FET-IC-Stufendämpfungsglied 10 eine GaAs-Schalteranordnung auf, die eine Basisschaltung 20 umfaßt, die ferner eine Mehrzahl von Galliumarsenidschaltern 21 (in Fig. 4 in einer besseren Ansicht gezeigt) umfaßt oder enthält. Bei einem bevorzugten  
 20 Ausführungsbeispiel umfaßt das Stufendämpfungsglied aus Fig. 4 fünf GaAs-Schalter 21 (21-1; 21-2; 21-3; 21-4 und 21-5).

In Fig. 3A sind einige der Komponenten der Explosionsansicht des Stufendämpfungsgliedes 10 ähnlich oder analog zu  
 25 jenen, die in dem Dokument DE 197 01 337 A1 beschrieben sind. Zum Zweck der Klarheit wird jedoch eine kurze Beschreibung der funktionellen Komponenten der Stufendämpfungsgliedpackung 10 und insbesondere des Betriebs der  
 30 GaAs-Schalteranordnung aus Fig. 3A gegeben.

Das Stufendämpfungsglied 10 aus Fig. 3A und insbesondere die GaAs-Schalteranordnung zeigen die Basisschaltung 20, welche die GaAs-FET-IC-Schalter 21 mit einer Deckelvorform  
 35 22 enthält, die einen Silikon-Verkapsler enthält. Die Deckelvorform 22 ist eine Vorform aus leitfähigem Epoxy, die den Deckel 23, der typischerweise aus Aluminium gefertigt ist, an der Keramikschaltung befestigt. Die Vorform 24 aus

leitfähigem Epoxy wird auf dem Deckel 23 angeordnet. Die Vorform 24 befestigt eine PC-Platine 25 (PC = printed circuit = gedruckte Schaltung) an dem Bodendeckel 23. Die PC-Platine 25 umfaßt eine Mehrzahl von superhellen LEDs 15. Bei einem bevorzugten Ausführungsbeispiel werden fünf LEDs 15 verwendet, die zu den fünf GaAs-Schaltern 21 korrespondieren.

In Fig. 3A sind die LEDs 15 von der PC-Platine 25 getrennt gezeigt. Bei einem bevorzugten Ausführungsbeispiel gibt es fünf LEDs 15 (15-1; 15-2; 15-3; 15-4; 15-5), eine für jeden Galliumarsenid-IC-Schalter aus Schaltung 21 (21-1; 21-2; 21-3; 21-4; 21-5). Die LEDs 15 sind an der PC-Platine 25 befestigt, wenn sie verwendet werden, sie sind aber zur Verdeutlichung in Fig. 3A getrennt gezeigt.

Die superhellen LEDs 15 umfassen einen vorspannenden und entkoppelnden Schaltungsaufbau (gezeigt in Fig. 3B), welche verhindert, daß Mikrowellenenergie durch die LEDs 15 zu dem Ausgang propagiert. Wie es in der Technik bekannt ist, ist es in Mikrowellendämpfungsgliedern, in denen eine hohe Dämpfung nötig ist, wichtig, daß keine Mikrowellenenergie von der Eingangsseite des Geräts zu der Ausgangsseite gekoppelt wird. Wie in Fig. 3B gezeigt, umfaßt die PC-Platine 25 LEDs 15 und umfaßt zusätzlich Kondensatoren, Ferrite und Widerstände, die auf eine normale Weise angeordnet sind, um das Einstreuen bis zu extrem niedrigen Pegeln zu eliminieren, um ein sauberes Ausgangssignal mit sehr geringer Welligkeit zu liefern.

In Fig. 3A ist die PC-Platine 25 mit einer PC-Platinen-Vorform 26 aus leitfähigem Epoxy an dem Mitteldeckel 27 befestigt. Der Mitteldeckel 27 wird als ein Behälter verwendet, so daß der obere Bereich mit Silikon verkapselt werden kann, um zu verhindern, daß Feuchtigkeit die Leistung verschlechtert und Silbermigration bewirkt, wodurch das Gerät in extrem feuchten Umgebungen sicher betrieben werden kann.

Eine Vorform 28 aus leitfähigem Epoxy wird verwendet, um den oberen Deckel 29 an dem mittleren Deckel 27 zu befestigen und dient dazu, HF-Streusignale am Eintreten zu hindern und HF-Signale davor zu bewahren, nach außen zu propagieren und Interferenzen in anderen Bereichen des Mikrowellenin-

In Fig. 3A sind die GaAs-Schalter 21 auf der IC eingestellt, um einen "Durch"-Pfad mit niedrigem Einfügungsverlust zu bilden, welcher der 0-dB-Zustand genannt wird. Bei einem anderen Zustand schalten die GaAs-Schalter an dem IC-Schalter in einen Zustand mit einem höheren Einfügungsverlust. Der höhere Einfügungsverlust kann in dB-Inkrementen (z. B. 10 dB, 20 dB, 40 dB) definiert sein, bei denen unterschiedliche Dämpfungspegel ein- und ausgeschaltet werden können. Bei einem bevorzugten Ausführungsbeispiel weist das Stufendämpfungsglied 10 aus Fig. 3A ein 130-dB-Stufendämpfungsglied auf, das sich in einem beliebigen Zustand der Dämpfung in 5-dB-Stufen oder -Inkrementen zwischen 0 und 130 dB befinden kann, indem verschiedene Segmente (oder GaAs-Schalter 21) an- und ausgeschaltet werden.

Wie oben beschrieben, ist ein Problem, das entsteht, daß Galliumarsenidschalter den sogenannten Langsam-Nachlauf-Effekt zeigen. Wenn das Stufendämpfungsglied zwischen dem Auszustand und dem Anzustand geschaltet wird, erreicht er die volle Leitfähigkeit in dem FET-Kanal in dem Anzustand für typischerweise 10 bis 20 ms nicht. Der Einfügungsverlust durch das Bauelement ändert sich langsam, bevor er den Gleichgewichtswert erreicht, wie es in Fig. 1 gezeigt ist. Die Übergangszeit bewirkt ungewollte Verzögerungen, speziell für Modulationsstandards, die z. B. innerhalb von 20 ms geschaltet und übergegangen sein sollten.

Es ist in der Technik bekannt, daß Licht Galliumarsenidfällen beeinflusst und daß von solchen Fällen bekannt ist, daß sie die Langsam-Nachlauf-Effekte bewirken. Der Ansatz gemäß dem Stand der Technik ist es, daß Galliumarsenidschalter

28.07.01

mit Licht beschienen wurden, so daß es den Langsam-Nachlauf-Effekt ändert. Der Stand der Technik berichtete von Änderungen; aber diese waren nur anekdotisch, wobei niemand von einer systematischen Verbesserung bei der Reduzierung von Langsam-Nachläufen unter Verwendung einer Beleuchtung berichtete. Die Anmelderin hat entdeckt, daß beim Bestrahlen von GaAs-Schaltern mit Licht die Photonen die Fallen von Elektronen entleeren, so daß die Fallen bei dem Langsam-Nachlauf-Effekt nicht länger eine Rolle spielen.

Es wurde entdeckt, daß durch Bestrahlen eines GaAs-IC-Schalters mit einem sehr hellen Licht der Langsam-Nachlauf-Effekt sich markant verbessert, so daß der Langsam-Nachlauf-Effekt um einen Faktor von ca. 100 schneller verschwand als bei Ansätzen gemäß dem Stand der Technik. Die Größe des Langsam-Nachlauf-Effekts für ein 5- oder 10-ms-Zeitintervall kann um einen Faktor 2 verbessert werden, aber der Zeitpunkt, zu dem der Langsam-Nachlauf-Effekt bis innerhalb 0,018 dB verschwand, verbesserte sich um einen Faktor von ca. 100.

Gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung ist eine ausreichend helle Lichtquelle, wie z. B. eine superhelle LED, mit der GaAs-Schalteranordnung integriert, um ein Stufendämpfungsgliedpaket zu bilden, das den oben beschriebenen Langsam-Nachlauf-Effekt verbessert, und um weiterhin eine preiswerte Packung aufrecht zu erhalten. Superhelle LEDs sind gegenwärtig verfügbar, z. B. von der Hewlett-Packard Company. Der Effekt mit superhellen LEDs ist intensitätsabhängig - je heller das Licht, desto mehr verschwindet der Langsam-Nachlauf-Effekt.

Bei einem bevorzugten Ausführungsbeispiel ist der bevorzugte Nennintensitätspegel der superhellen LEDs 15 aus den Fig. 3A und 4 näherungsweise 500 mcd (Millicandela) mit einem Halbwärtswinkel von 28 Grad. Die miniaturisierten Hochintensitäts-LEDs 15 in Fig. 3A sind in der Lage, genug Licht direkt auf die GaAs-Schalter 21 zu strahlen, um den

28.07.01

Langsam-Nachlauf-Effekt zu minimieren oder in einigen Fällen zu eliminieren. Es wird angenommen, daß die vorliegende Erfindung mit superhellen LEDs mit einer Lichtintensität von näherungsweise 500 mcd bei einem Halbwärtswinkel von 28 Grad des Lichtausgangs geeignet ist, wobei jede LED 15 bei einem bestimmten Abstand über dem korrespondierenden GaAs-IC-Schalter 21 positioniert oder angeordnet ist. Bei einem bevorzugten Ausführungsbeispiel ist der bevorzugte Abstand zwischen jeder LED 15 und dem korrespondierenden GaAs-IC-Schalter 21 3 bis 3,5 mm, als typisches Beispiel.

Eine klare Silikonverkapselung umgibt die Packung, so daß die Packung feuchtigkeitsresistent ist. Ferner ist die Packung mit der klaren Silikonverkapselung und reflektierenden Metalloberflächen so entworfen, daß reflektiertes Licht ausgenutzt wird (typischerweise sind alle Metalloberflächen vergoldet). Durch die Wahl einer klaren Silikonverkapselung wird die Möglichkeit, LEDs zu verwenden, erhalten. Wenn eine dunkelfarbige Verkapselung oder eine opaque Verkapselung verwendet wird, ist die Verwendung der LEDs nicht länger möglich.

Stufendämpfungsglieder werden mit Festwiderständen gefertigt, welche durch Galliumarsenidschalter ein- und ausgeschaltet werden, die schnelle Antwortzeiten zwischen dem Aus-Zustand und dem An-Zustand aufweisen. Es gibt einen Zeitübergang von einem Hochimpedanzzustand zu einem Niederimpedanzzustand, und die Verwendung von integrierten superhellen LEDs beschleunigt die Antwortzeit. Bei Stufendämpfungsgliedern steuern die GaAs-FET-Schalter 21 das An- und Ausschalten der Widerstände und die Verwendung der superhellen LEDs 15, die permanent auf die GaAs-FET-Schalter 21 strahlen, hat eine sehr vorteilhafte Wirkung auf die Antwortzeit.

35

In Fig. 4 ist eine einzelne LED 15 direkt über jedem Galliumarsenid-IC-Schalter 21 positioniert. Zusätzlich sind alle GaAs-IC-Schalter 21 in reflektiertem Licht von allen unter-

28.07.01

schiedlichen LEDs 15 "gebadet". Wenn eine LED 15 ausfällt (z. B. LED 15-2), geht der korrespondierende GaAs-IC-Schalter 21-2, der beleuchtet wurde, nicht zurück in seine Betriebszustand des ungünstigsten Falles. Statt dessen  
5 zeigt der GaAs-IC-Schalter 21-2 einen Teilausfallmodus, was nicht der Fall wäre, wenn nur eine einzelne Lichtquelle verwendet würde (woraus ein Ausfall folgen würde). Der Redundanzaspekt von fünf LEDs 15, die direkt über den GaAs-Schaltern 21 platziert sind, vermeidet die Probleme, die in-  
10 volviert sind, wenn eine einzelne Lichtquelle ausgeht, und die sehr kleinen LEDs erlauben es, daß die Lichtquelle sehr nahe an den Schaltungen platziert wird. Gemäß einem weiteren Merkmal der vorliegenden Erfindung beeinflusst somit bei einer Mehrzahl von LEDs 15 der Ausfall von einer LED die  
15 Langsam-Nachlauf-Leistung nicht so sehr, wie wenn es gar keine Beleuchtung gibt.

Die mit der vorliegenden Erfindung verwendeten Lichtquellen sind wünschenswerterweise von einer ausreichend kleinen  
20 Größe (wie z. B. superhelle LEDs 15), um die Kompaktheit der ursprünglichen Packungsstruktur zu erhalten und auch um eine Abschirmung zwischen unterschiedlichen Abschnitten der Schaltung vorzusehen. Die Verwendung eines Glühlichts erzeugt beispielsweise eine große Menge an Wärme, was wegen  
25 Überhitzungsproblemen Wärmesenken erfordern würde, wohingegen LEDs 15 kälter sind und eine Gleichstromeffizienz liefern, so daß für das Gerät keine große Leistungsversorgung nötig ist.

30 Der Redundanzaspekt von fünf LEDs 15, die direkt über den GaAs-Schaltern 21 platziert sind, vermeidet die Probleme, die involviert sind, wenn eine einzelne Lichtquelle ausgeht, und die sehr kleinen LEDs ermöglichen es, daß die Lichtquelle sehr nahe an den Schaltungen platziert wird.

35

Durch ein Integrieren von Miniatur-Hochleistungs-LEDs 15 über den GaAs-FET-IC-Schaltern 21, die in den Fig. 3A und 4 gezeigt sind, kann ein kompaktes, unaufwendiges Modul er-

halten werden, das einen reduzierten "Langsam-Nachlauf"-Effekt aufweist, die gleiche Länge und Breite wie das Modul ohne LEDs aufweist und nur ca. 4 mm höher ist.

- 5 Fig. 5 zeigt die Antwort des GaAs-FET-IC-geschalteten 130-dB-Stufendämpfungsglieds 10, wobei alle Abschnitte simultan geschaltet werden (Übergang von dem 130-dB-Dämpfungszustand zu dem 0-dB-Dämpfungszustand) und wobei die LEDs 15 (die über dem korrespondierenden Schalter 21 angebracht sind)
- 10 ausgeschaltet sind. Man kann sehen, daß die Amplitude des Signals bei 20 ms (nahe dem Ende der Darstellung von Fig. 5) noch immer zunimmt.

- 15 Fig. 6 zeigt eine Ansicht des Langsam-Nachlauf-Effekts des Stufendämpfungsgliedes 10 aus Fig. 2, wobei die LEDs 21 angeschaltet sind.

- 20 Fig. 7 zeigt die gleiche Messung, wobei aber die Zeitskala auf 100 ms verlängert ist. Man kann sehen, daß die Ausgangsamplitude des Signals sich bis ca. 70 bis 80 ms nach dem Schaltereignis ( $t = 0$ ) nicht stabilisiert. Wenn eine Zeit herausgegriffen wird, zu der die Ausgangsamplitude auf innerhalb von 0,018 dB des Endamplitudenwerts übergegangen ist, dann ist diese Zahl 22 ms für das Stufendämpfungsglied
- 25 10, wenn die LEDs ausgeschaltet sind, wie es in Fig. 7 gezeigt ist.

- Im Gegensatz dazu geht mit eingeschalteten LEDs das gleiche Stufendämpfungsglied in 120  $\mu$ s auf innerhalb 0,018 dB über, wie es in den Fig. 8A und 8B gezeigt ist. Die Amplitudenübergangszeit des Stufendämpfungsgliedes 10 wurde um einen Faktor 183 beschleunigt. Zusätzlich wurde die anfängliche Größe des Langsam-Nachlaufs (gemessen bei  $t = 5 \mu$ s nach dem Schalten) von 0,45 dB bei abgeschalteten LEDs 15 auf 0,2 dB
- 35 bei angeschalteten LEDs 15 reduziert.

Wie oben beschrieben, kann ein Licht hoher Intensität wiederholbar und in hohem Grad das "Langsam-Nachlauf"-Phänomen

in GaAs-FET-basierenden Schaltern und Stufendämpfungsgliedern reduzieren. Dieser wünschenswerte Aspekt ermöglicht es, daß die Ausgangsamplitude eines GaAs-Schalters sehr viel rascher zu ihrem Endwert übergeht. Durch Verwendung von Miniatur-Hochleistungs-LEDs, die auf AlGaAs oder AlInGaP basieren, kann das "Langsam-Nachlauf"-Phänomen eines packungsmäßigen Produkts, das GaAs-FET-basierende Schalter enthält, stark reduziert werden, während die Größe und die Kosten der Packung nicht stark erhöht werden.

Für andere Anwendungen wurden die Rauschzahlen von einigen Verstärkern verringert, indem der Verstärker direkt mit dem Licht beschienen wurde, und ein Licht mit heller Intensität zu haben, das sehr wenig Wärme produziert und direkt über Verstärkerchips in einem Galliumarsenid-IC positioniert werden kann, würde den Vorteil eines geringeren Rauschens und einer möglicherweise höheren Verstärkung liefern. Bei Wanderwellenverstärkern, die aus Galliumarsenid-ICs gefertigt sind, hat ein Bestrahlen derselben mit hellem Licht Langsam-Nachlauf-Effekte bei Schalttransienten eliminiert, wenn sie in einem An/Aus-Puls-Modus verwendet werden. Auch Licht hoher Intensität, das auf verschiedene Bauelemente gestrahlt wird, wie z. B. auf Negativ-Widerstand-Bauelemente und Varaktoren, könnte die 1/F- oder Phasenrauschen-Charakteristika verbessern.

Es wird angenommen, daß das Basisbandrauschen von Galliumarsenidverstärkern verbessert werden kann. Typischerweise werden Galliumarsenidverstärker nicht bei niedrigen Frequenzen verwendet, da sie eine sehr hohe [1/F]-Rauschkomponente aufweisen, d. h. wenn die Frequenz sinkt, gibt es mehr Rauschen bei dem Signal. Dieses Rauschen ist allgemein damit verbunden, daß sich zumindest einige Teile der Fallen leeren und füllen. Wenn die Fallen durch ein direktes Strahlen des Lichts auf diese Fallen geleert werden, stoßen die Photonen die Elektronen aus. Diese Rauschkomponente könnte stark verbessert werden und die Nützlichkeit



28.07.01

von Galliumarsenidverstärkern könnte zu niedrigeren Frequenzen ausgedehnt werden.

- 5 Da der Langsam-Nachlauf-Effekt intensitätsabhängig ist, ist es hilfreich, zu betrachten, an welchem Punkt eine LED im Sinn der Beleuchtung hell genug ist, um den erwünschten Effekt zu liefern, sowie einen, der für die Kosten der Installation der LEDs vorteilhaft ist. Mit weniger hellen LEDs mag man eine Verbesserung der Schaltgeschwindigkeit um
- 10 eine Faktor 5 bis 10 erhalten, die ungeeignet sein mag, um z. B. mit bestimmten Technologien verwendet zu werden, wie z. B. für zeiteinteilungsgemultiplexte Märkte für Zellulartelefone. Andere Lichtquellen, die zu den Aspekten der vor-
- 15 liegenden Erfindung passen können, können Lichtfaser sein, die Licht von einem entfernten Ort bringen, und Miniaturlaser.

Europäisches Aktenzeichen: 98 101 556.3

PATENTANSPRÜCHE

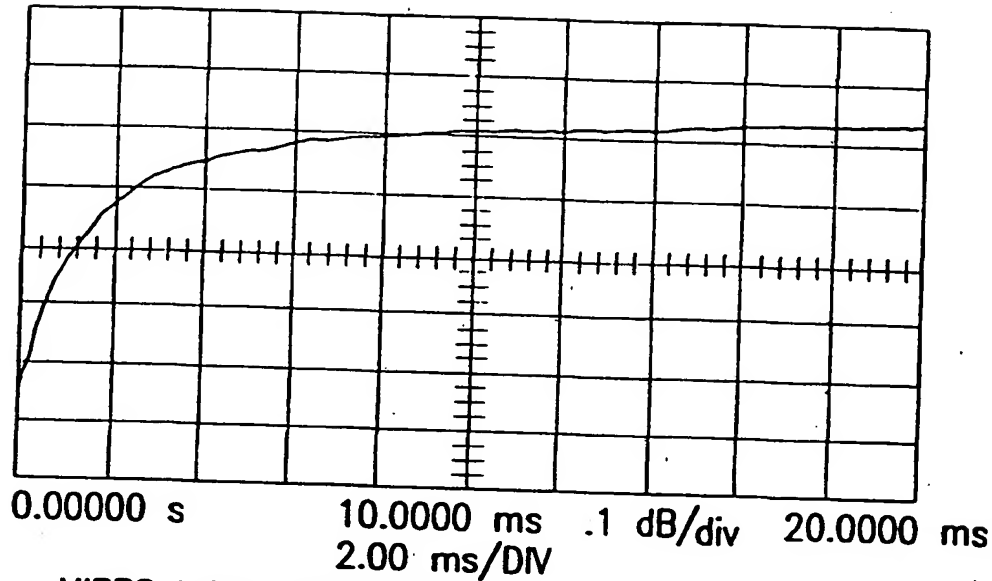
- 5
1. Stufendämpfungsgerät (10) mit folgenden Merkmalen:
- einer Mehrzahl von Festwiderständen;
- 10 einer GaAs-FET-IC-Schalteranordnung, die eine Mehrzahl von GaAs-FET-IC-Schaltern (21) umfaßt, wobei die GaAs-FET-IC-Schalter (21) die Widerstände ein- und ausschalten; und
- 15 einer Mehrzahl von Lichtquellen, die innerhalb des Stufendämpfungsgeräts angeordnet sind, wobei jede der Lichtquellen zu einem jeweiligen der GaAs-Schalter (21) korrespondiert und einen ausreichenden Lichtintensitätspegel zum Beleuchten des jeweiligen GaAs-
- 20 Schalters während des Betriebs aufweist, um einen Langsam-Nachlauf-Effekt von jedem aus der Mehrzahl von GaAs-FET-IC-Schaltern (21) zu reduzieren oder minimieren,
- 25 wobei die Lichtquellen eine Beleuchtung für andere der GaAs-Schalter (21) liefern, wenn eine der Lichtquellen (15) im Betrieb ausfällt, um die Verschlechterung des Langsam-Nachlauf-Effekts zu reduzieren.
- 30 2. Stufendämpfungsgerät (10) gemäß Anspruch 1, bei dem die Lichtquellen LEDs (15) umfassen.
3. Stufendämpfungsgerät gemäß Anspruch 2, bei dem die LEDs (15) superhelle LEDs sind.
- 35 4. Stufendämpfungsgerät gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3, bei dem der Lichtintensitätspegel mindestens näherungsweise 500 Millicandela beträgt.

28.07.01

5. Stufendämpfungsgerät gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4, das eine klare Verkapselung zum Bedecken der Packung umfaßt, um die Beleuchtung der GaAs-Schalter (21) durch die Lichtquellen zu ermöglichen.  
5
6. Stufendämpfungsgerät gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5, bei dem die Lichtquellen eine permanente Beleuchtung der GaAs-Schalter (21) bereitstellen.  
10
7. Stufendämpfungsgerät gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6, bei dem der Abstand zwischen den GaAs-Schaltern (21) und den Lichtquellen (15) 3 bis 3,5 mm beträgt.
- 15 8. Stufendämpfungsgerät gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei dem Dämpfungsbereich des Stufendämpfungsgeräts näherungsweise 130 dB beträgt.
- 20 9. Stufendämpfungsgerät gemäß einem der Ansprüche 1 bis 8, bei dem die Übergangszeit des Stufendämpfungsgerätes näherungsweise 120  $\mu$ s beträgt.

26.07.01

Europäisches Aktenzeichen: 98 101 556.3



MIPPS LIGHT 621-1 94

OH ☐ AN

MARSTAB 0.1 dB/DIV

BEZUGSPEGEL 9.30 dBm

BANDBREITE AUTO NIEDRIG HOCH

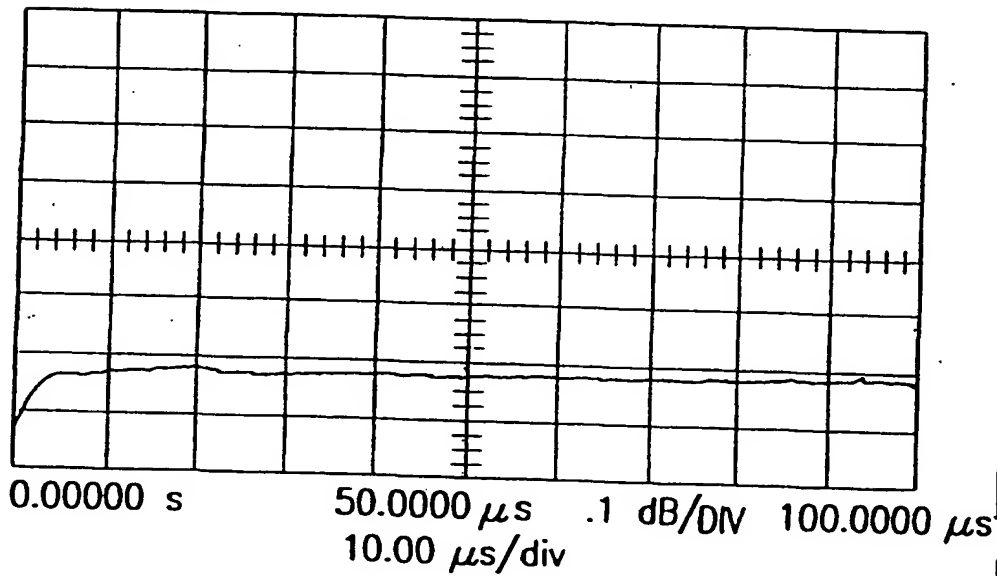
EXTERNER VERLUST 0.00 dB

SENSOR NULL

KEINE LEDs AUS  
130 dB DÄMPFUNG → 0 dB DÄMPFUNG

1 GHz IN  
+ 14 dBm INTO ATTEN

hp RUNNING



KANAL 1 2 3 4

OH ☐ AN

MARSTAB 0.1 dB/DIV

BEZUGSPEGEL 9.30 dBm

BANDBREITE AUTO NIEDRIG HOCH

EXTERNER VERLUST 0.00 dB

SENSOR NULL

FIG.1

25.07.01

- 19 -

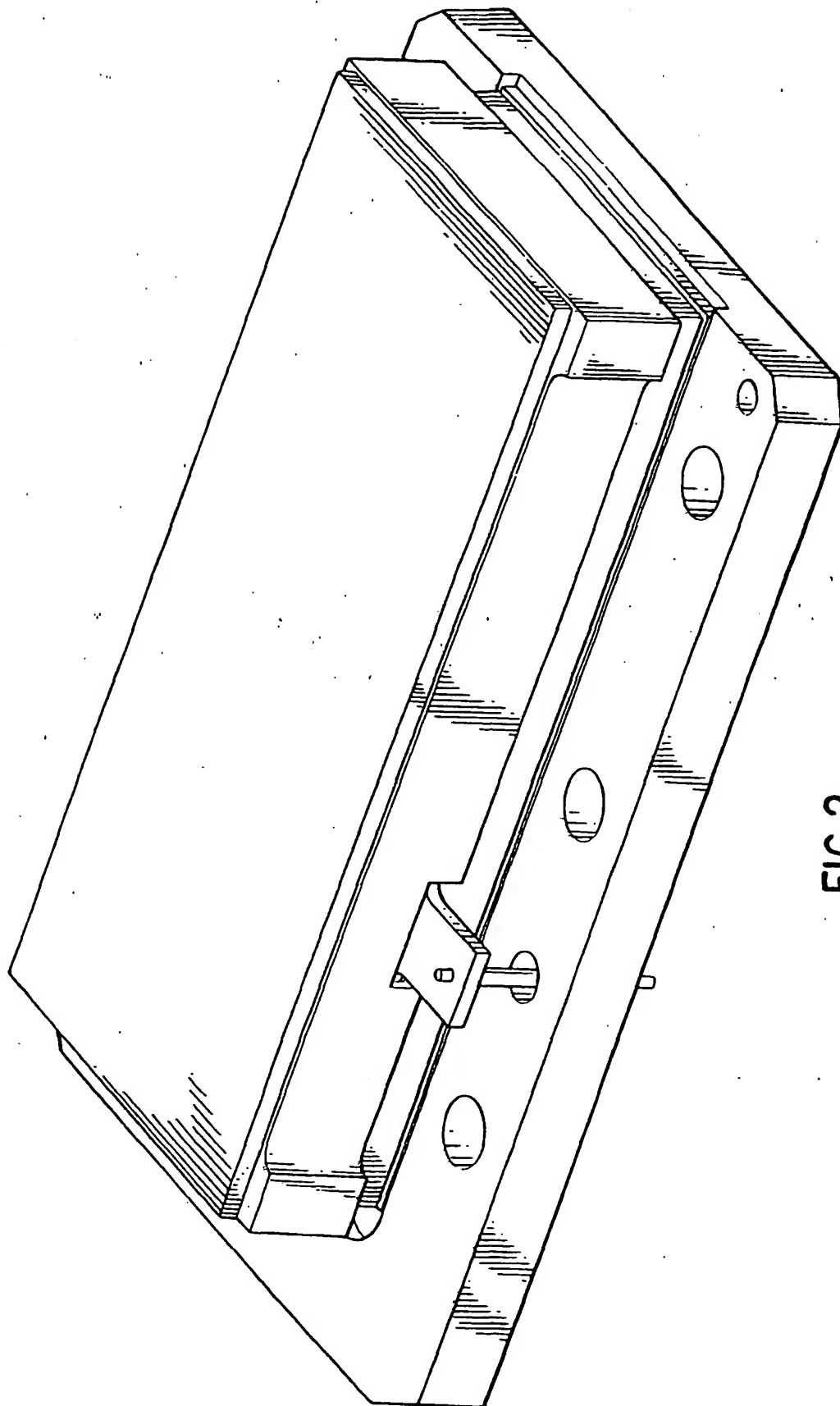


FIG. 2

26.07.01

- 20 -

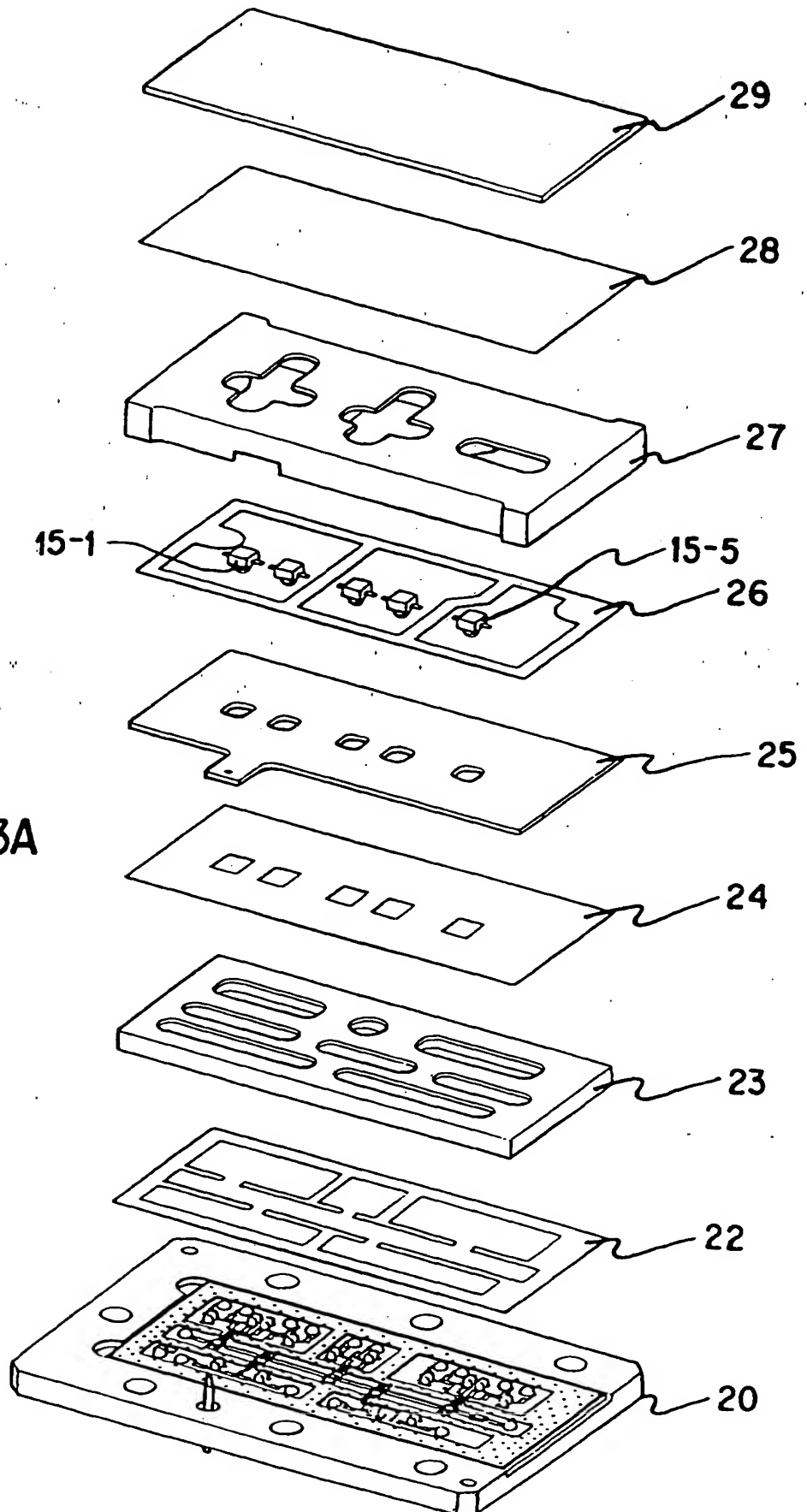


FIG.3A

25.07.01

- 21 -

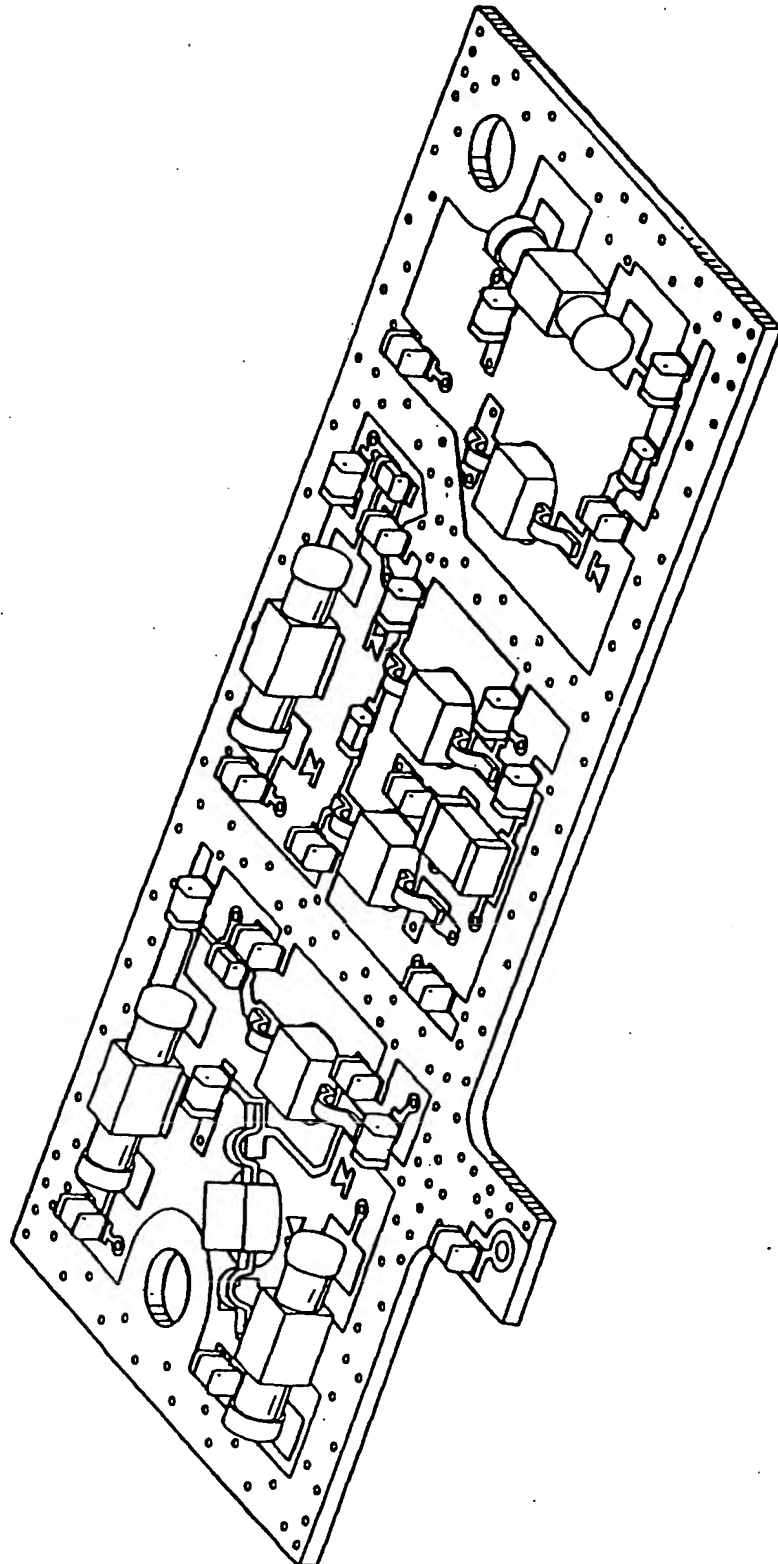


FIG.3B

26.07.01

- 22 -

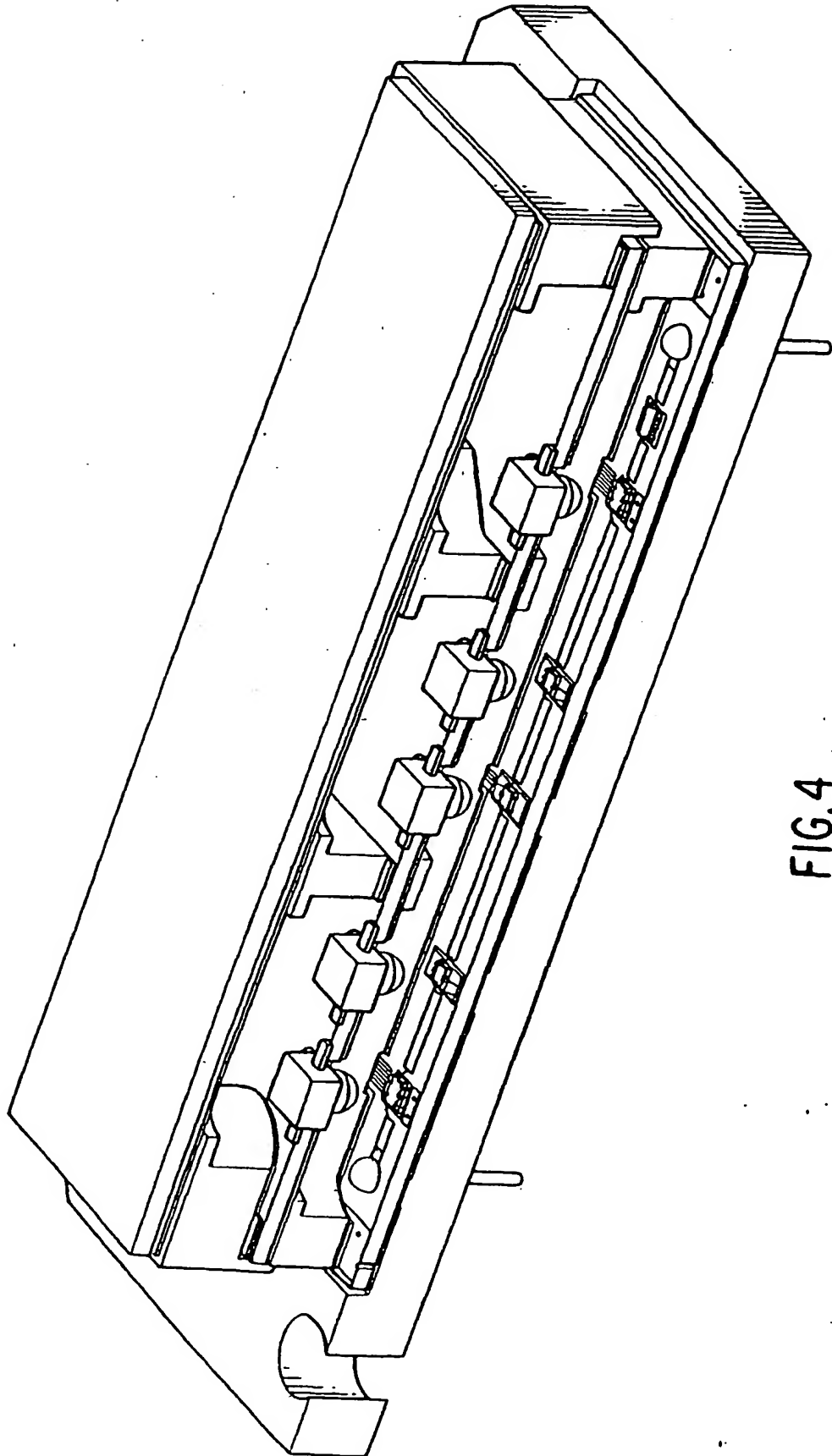
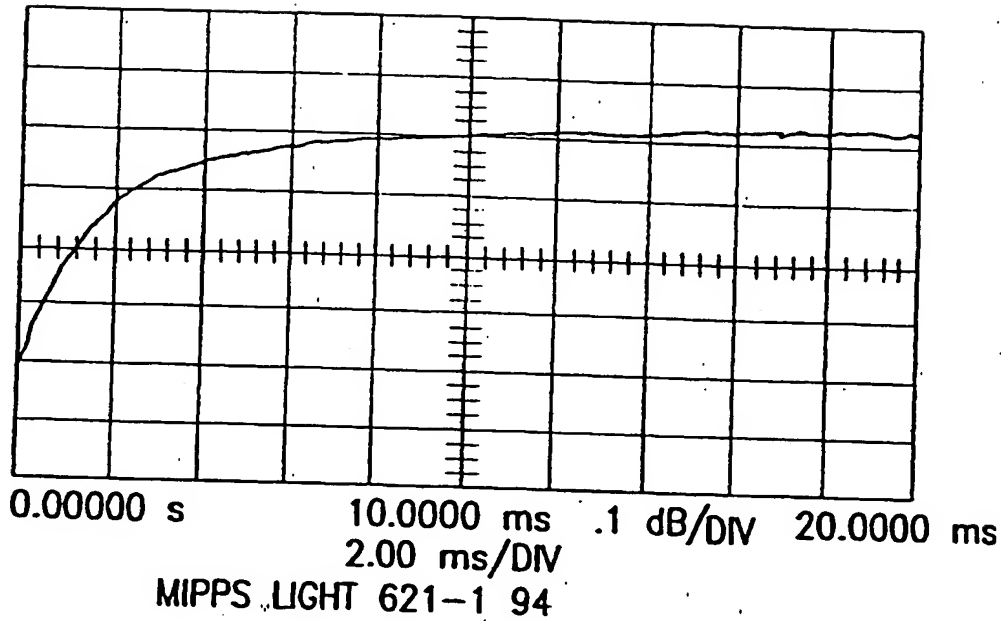


FIG.4



26.07.01

- 23 -



OH ☐ AN ☐

MAßSTAB 0.1 dB/DIV

BEZUGSPEGEL 9.30 dBm

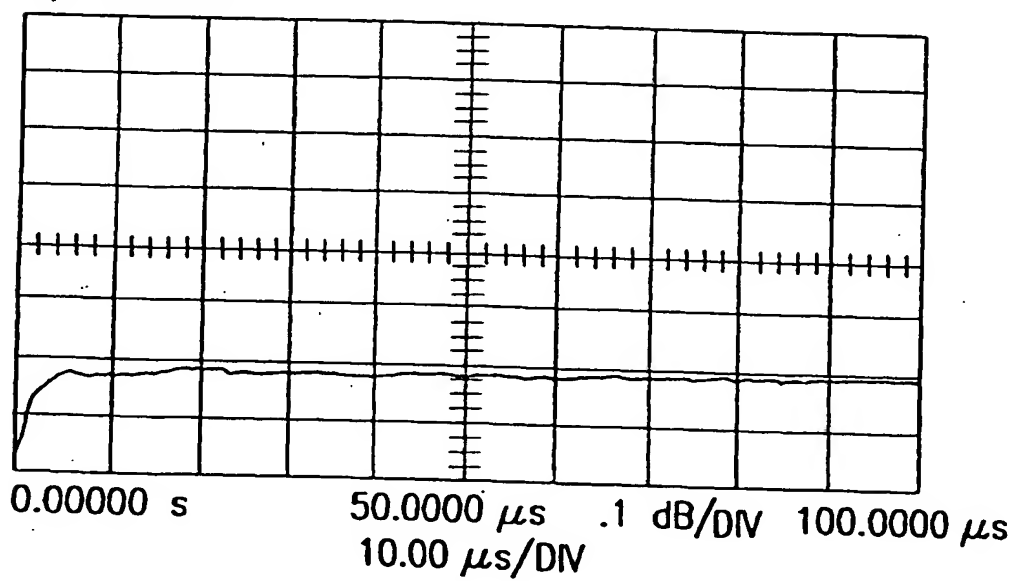
BANDBREITE AUTO NIEDRIG HOCH

EXTERNER VERLUST 0.00 dB

SENSOR NULL

LEDs AUS  
130 dB DÄMPFUNG → 0 dB DÄMPFUNG  
hp RUNNING

1 GHz IN  
+ 14 dBm INTO ATTEN  
KANAL



1 2 3 4

OH ☐ AN ☐

MAßSTAB 0.1 dB/DIV

BEZUGSPEGEL 9.30 dBm

BANDBREITE AUTO NIEDRIG HOCH

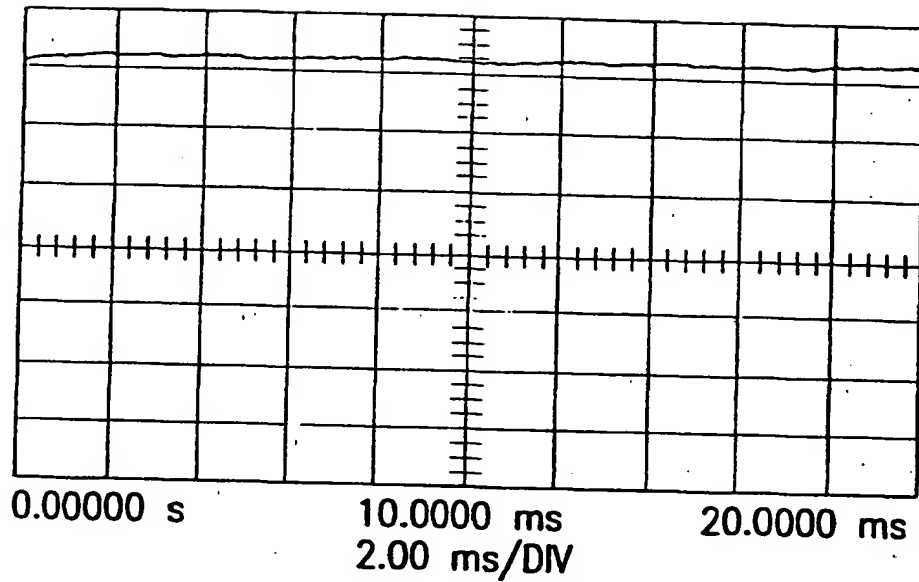
EXTERNER VERLUST 0.00 dB

SENSOR NULL

FIG.5

26.07.01

- 24 -

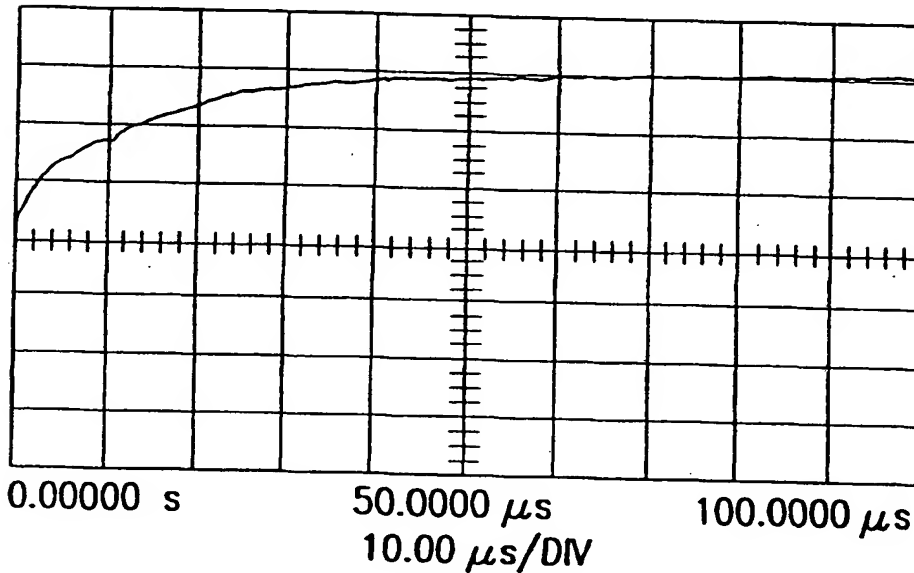


MIPPS LIGHT 621-1 94

LEDs AN

1 GHz IN  
+ 14dBm INTO ATTEN

hp RUNNING



1 2 3 4  
0 0 0 0

OH ☐ AN ☐

MARSTAB

BEZUGSPEGEL

BANDBREITE  NIEDRIG HOCH

EXTERNER VERLUST

.1dB/DIV

SENSOR NULL

ZEITBASIS

VERZÖGERUNG

REFERENZ  MITTE RECHTS

FENSTER  AN

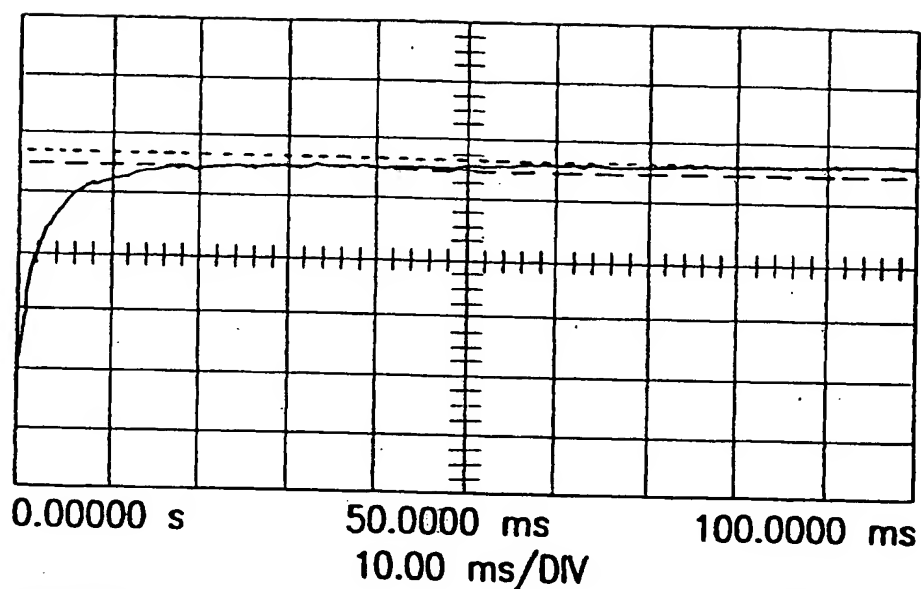
.1dB/DIV

BEZUGSPEGEL 9.30dBm

FIG.6

25.07.01

- 25 -



MARKIERER 2(1) 9.121 dBm  
MARKIERER 1(1) 9.103 dBm  
AMPLITUDENVERHÄLTNIS .018 dB

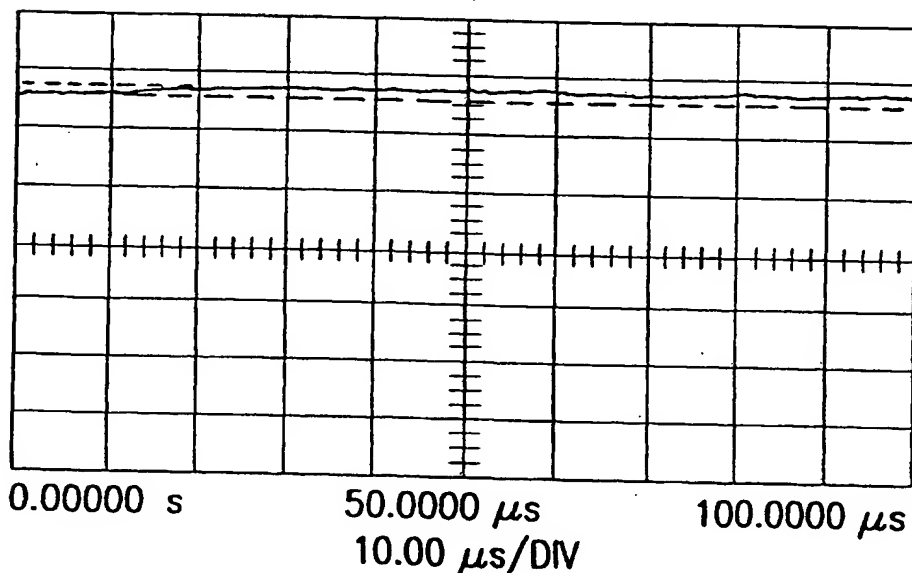
AMPLITUDENMARKIERER  
AUS AN  
MARKIERER 2  
1 9.121 dBm  
MARKIERER 1  
1 9.103 dBm  
ZEITMARKIERER  
AUS AN

LEDs AUS  
MIPPS LICHT

621-1 94

LEDs  
AUS

FIG. 7



MARKIERER 2(1) 9.221 dBm  
MARKIERER 1(1) 9.203 dBm  
AMPLITUDENVERHÄLTNIS .018 dB

AMPLITUDENMARKIERER  
AUS AN  
MARKIERER 2  
1 9.221 dBm  
MARKIERER 1  
1 9.203 dBm  
ZEITMARKIERER  
AUS AN

LEDs AN  
MIPPS LICHT

621-1 94

LEDs  
AN

130 dB DÄMPFUNG → 0 dB DÄMPFUNG

FIG. 8A

25.07.01

- 26 -

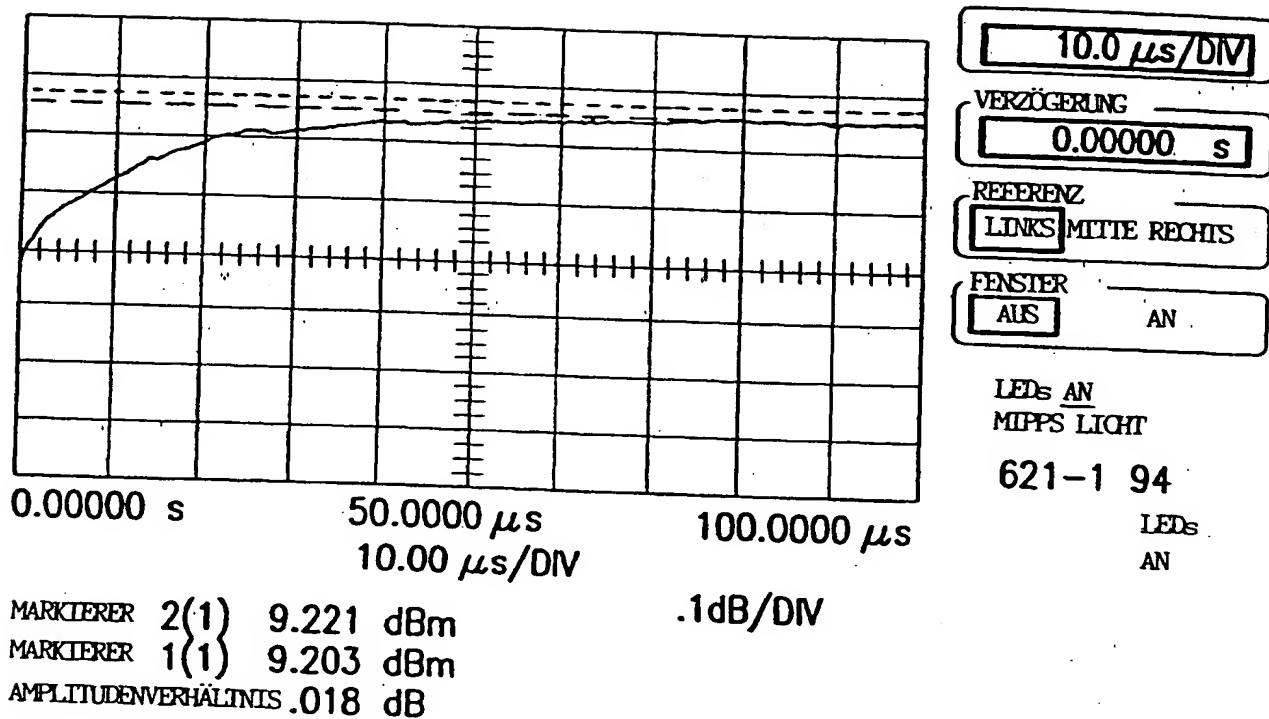


FIG.8B

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☒ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☒ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER: \_\_\_\_\_**

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**